El carbunco y su capacidad letal

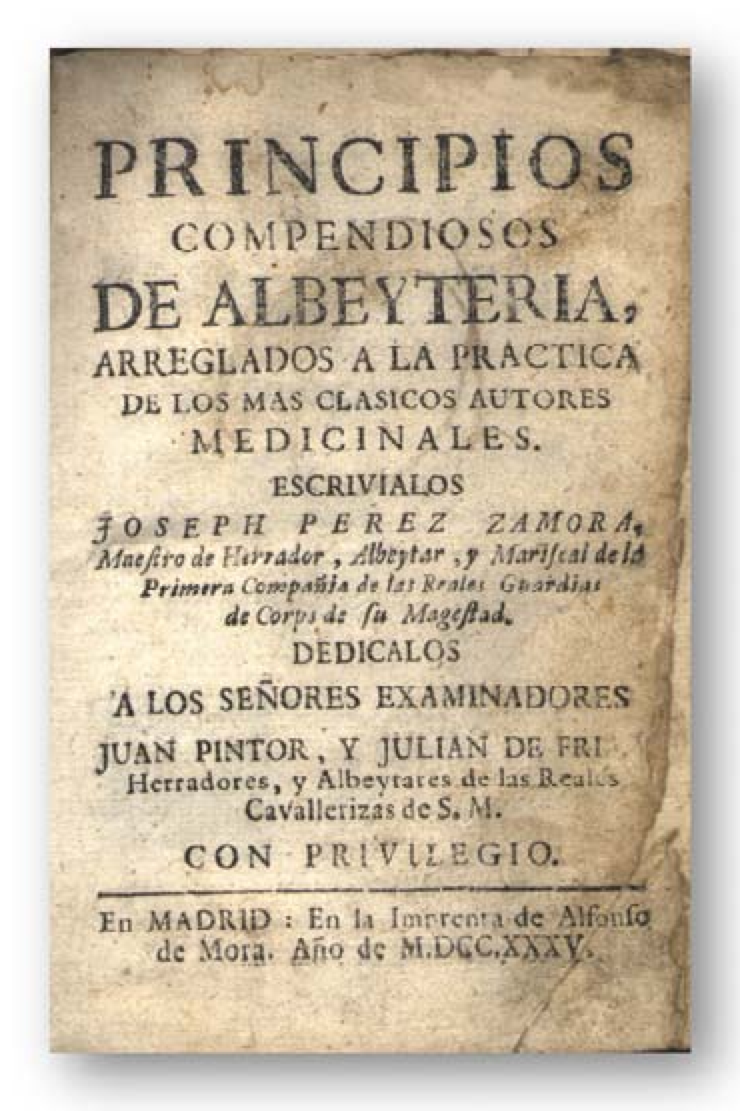
Desde hacía medio siglo la enfermedad carbuncosa había desaparecido. Las esporas infecciosas de esta bacteria, que persisten durante decenas de años, son fáciles de preparar, almacenar y esparcirse mediante aerosoles, cualidades que hacen de ella una eficaz arma biológica

Willy Hansen y Jean Freney

Cuenta la mitología que el centauro Nesos fue asesinado por Heracles al haber intentado forzar a Dejanira, su mujer. En venganza, un Nesos moribundo entregó su túnica manchada de sangre a Dejanira; este talismán debería garantizarle la fidelidad de su esposo. Pero, cuando Heracles se la vistió, experimentó tales dolores, que puso fin a sus días. Desde entonces la leyenda de la túnica de Nesos se asoció al carbunco. La prenda era de lana. ¿Procedía ésta de un animal enfermo de carbunco? Conocido desde la antigüedad, el carbunco fue descrito por Hipócrates en el siglo IV antes de Cristo. La enfermedad no era infrecuente en Roma. Virgilio señaló la transmisión del cordero al hombre. Se menciona asimismo en el Egipto faraónico.

El carbunco, también llamado fiebre carbuncosa, carbunco bacteridiano, fiebre bacteriana o bacteridia carbuncosa, se debe a la bacteria *Bacillus anthracis*. Los médicos árabes designaban a la enfermedad con el nombre de "fuego persa". Se han utilizado otras denominaciones, sobre todo en el caso de los animales: peste roja, peste carbuncosa y, también, peste de Siberia. El término "peste" no guarda relación alguna con la peste originada por *Yersinia pestis*, pero se ha utilizado para evocar los estragos causados por esta enfermedad en el ganado ovino y bovino.

Los veterinarios del siglo XIX designaron el ataque carbuncoso de forma diferente según la especie animal afectada; así, hablaron de la "sangre de bazo" del cordero, de la "fiebre carbuncosa" del caballo y de la "enfermedad de la sangre" de la vaca. Ello se debe al color negro que toman la sangre, el bazo y diversos órganos de los animales afectados, así como las pústulas de los seres humanos atacados por la



PRINCIPIOS
COMPENDIOSOS
DE ALBEYTERIA,
ARREGLADOS A LA PRACTICA
DE LOS MAS CLASICOS AUTORES
MEDICINALES.
ESCRIVIALOS
JOSEPH PEREZ ZAMORA,
Maestro de Herrador, Albeytar, y Mariscal de la
Primera Compañia de las Reales Guardias
de Corps de su Magestad.
DEDICALOS
A LOS SEÑORES EXAMINADORES
JUAN PINTOR, Y JULIAN DE FRI
Herradores, y Albeytares de las Reales
Cavallerizas de S. M.
CON PRIVILEGIO.
En MADRID: En la Imprenta de Alfonso
de Mora. Año de M.DCC.XXXV.

enfermedad, que en ellos lleva el nombre de "carbunco".

El carbunco es, sobre todo, una zoonosis. El suelo constituye un reservorio para la bacteria, que persiste en él en forma de esporas, por lo que los animales herbívoros (la vaca, el cordero, la cabra, el caballo y, con menor frecuencia, el cerdo) son los más amenazados por la enfermedad. El hombre puede infectarse de forma accidental si manipula lanas, pieles o cueros que contengan esporas; la inhalación de estas esporas puede ocasionar el carbunco pulmonar. Se conocen otras formas clínicas de carbunco en el hombre: cutáneo, gastrointestinal y meningitis carbuncosa.

El carbunco, excepcional hoy en los países industrializados, es endémico en Europa oriental, la zona mediterránea (Turquía), Africa, sudeste asiático y América del Sur. Se presenta de forma epidémica en Guatemala, Guinea, Mauritania, Nigeria y Vietnam.

Hasta finales del siglo XVIII se consideraban carbuncosas todas las lesiones inflamatorias y gangrenosas de la piel y del tejido celular subcutáneo, por lo que bajo un mismo nombre (el carbunco) se designaban enfermedades diferentes. Añádase a ello la anfibología del término. Para los anglosajones, el carbunco producido por *Bacillus anthracis* se llama en inglés *anthrax*. Pero el ántrax, en español, designa una lesión inflamatoria y supurada de la piel originada por una bacteria diferente, el estafilococo dorado (*Staphylococcus aureus*).

Bacillus anthracis

Bacillus anthracis, el agente del carbunco, alcanza un tamaño considerable; *in vivo*, la bacteria está rodeada de una cápsula que la hace muy resistente. Al contrario que en otras especies del género *Bacillus* (siempre móviles), el *Bacillus anthracis*, desprovisto de cilios, permanece inmóvil.

En las muestras de sangre o de pus, el bacilo carbuncoso se presenta en forma de cadenetas. Cuando la bacteria se siembra en medios de cultivo ricos en constituyentes orgánicos, se estira en largos filamentos más o menos enrollados (las famosas "cañas de bambú"). En medios pobres en elementos nutritivos y en presencia de oxígeno, la bacteria forma esporas ovoideas, capacitadas para sobrevivir en un medio hostil y mantenerse viables durante decenios (hasta sesenta años).

Fisiopatología del carbunco

Por regla general el animal contrae el carbunco a través de una herida en la boca producida al pastar hierba o al comer forraje con esporas de *Bacillus anthracis*. Le sigue una septicemia letal: el animal muere entre las 24 y las 48 horas. En la autopsia se encuentra siempre un bazo muy voluminoso; la sangre es negra, pegajosa, no coagula y contiene numerosos bacilos.

En el hombre, el carbunco se manifiesta bajo tres formas principales: el carbunco cutáneo (95 % de los casos observados), el carbunco pulmonar y el carbunco gastrointestinal. La manifestación clásica del carbunco humano es la pústula maligna. Asienta en el lugar de inoculación del bacilo carbuncoso, que se introduce a través de cualquier rasguño de las manos, brazos o cara.

El primer signo clínico surge tras un período de incubación de dos a tres días. Aparece una pápula similar a la de una picadura de insecto, que da lugar a una vesícula pruriginosa. Tras un ennegrecimiento progresivo de la lesión, se desarrolla una escara negrácea bordeada por un rodete rojizo indurado sobre el que aparecen pequeñas vesículas llenas de un líquido amarillento. En la mayoría de los casos la evolución es favorable, pero en algunas ocasiones la escara progresa y se hace invasiva, apareciendo una lesión edematosa considerable. Si el diagnóstico clínico se establece pronto y se acomete un tratamiento antibiótico precoz, el carbunco cutáneo se controla con rapidez.

de Albeytería. 175

trario ſerá el daño menos, quanto la parte fuere menos noble.

Como ſe cura el Carbunco?

Supueſtas las evaquaciones neceſſarias, y modo de vida, ſajando profundamente, dexando evaquar quantidad de ſangre por las ſajas, y deſpues ſe lavarán con Sal, Vinagre, y Ajos machacados, muy caliente, y deſpues cauterizar la parte con Agua Fuerte, ò el cauterio actual, y encima los Polvos de Arſenico, mezclados con Cál Viva, ò los Polvos del Solimàn, para corroher todo lo mortificado, y hazer eſcara fuerte, poniendo encima el emplaſto Cerrino, mezclado con el Baſſalicòn; y ſi la eſcara no ſe redugere, ſe bolverá à hazer eſcarificacion, ſajando, y eſto ſe harà tantas quantas vezes ſea neceſſario, haſta eſtirpàr la raiz. Pondrànſe defenſivos en la circunferencia, daránſe ſus bebidas cordiales para templar el ardor de la ſangre; y en reduciendo la eſcara, ſe curarà la llaga, ò ulcera como las demas.

Què es Vivo, ò Cancer?

Es una llaga melancolica, ancha, redonda, aſpera, y con dureza en los labios,

1. EL CARBUNCO era una vieja enfermedad conocida por nuestros albéitares, como muestran los "remedios" aplicados en España en la primera mitad del siglo XVIII.





2. EN EL LABORATORIO de Louis Pasteur, Émile Roux realizó numerosas observaciones de "bacteridias", las bacterias de la enfermedad del carbunco: aquí un "cultivo de la bacteridia del carbunco con esporas nacientes" (*a la izquierda*); se aprecian filamentos de la bacteria infecciosa y las esporas que empiezan a formarse. En la "sangre de cobaya muerta de carbunco" (*a la derecha*), se observan igualmente filamentos.

También se observan en el hombre, aunque más raramente, el carbunco pulmonar y el gastrointestinal. El carbunco pulmonar se desarrolla tras la inhalación de "polvo carbuncoso" (esporas de *Bacillus anthracis*), una enfermedad frecuente en trabajadores de la lana; por esta razón se denominó "enfermedad de los cardadores de lana", "enfermedad de los limpiadores de lana" y "enfermedad de los traperos". En la actualidad y tras la aplicación de medidas profilácticas en estos oficios, el carbunco pulmonar es una afección rara. La enfermedad se caracteriza por una alteración respiratoria, tos, bronquitis con emisión de expectoraciones viscosas de color pardo y congestión pulmonar. Este cuadro puede complicarse con una meningitis carbuncosa, siendo el pronóstico generalmente mortal.

Por último, el carbunco gastrointestinal se produce por la ingestión de carne contaminada. Excepcional en los países industrializados, aún se observa en Asia y en Africa, a menudo en focos epidémicos. La afección gastrointestinal presenta fiebre, anorexia, náuseas, vómitos, dolores abdominales y diarreas sanguinolentas. Extremadamente grave, el carbunco gastrointestinal puede llevar a la muerte en pocas horas.

Antaño muy extendido por Europa central, Francia y Rusia, el carbunco hizo estragos en el siglo XIV, sobre todo en Gran Bretaña, donde se le denominó la peste negra. Durante los siglos XVII y XVIII originó graves destrozos.

Philibert Chabert (1737-1814), veterinario francés, fue uno de los primeros en estudiar esta "enfermedad enigmática llamada carbunco", frecuente en las cabañas bovina y ovina. Distinguió el carbunco interno, sin ninguna otra manifestación externa, del carbunco con tumores, asimismo diferenciado del carbunco esencial (sin aparición repentina de tumoraciones) y del carbunco sintomático (con fiebre y aparición secundaria de tumoraciones). De hecho, el "carbunco sintomático" es una gangrena séptica debida a otra bacteria.

El autor

WILLY HANSEN y JEAN FRENEY son autores de una reciente historia de la bacteriología. Hansen ejerce en el Hospital Clínico Brugmann de Bruselas; Freney enseña microbiología en Lyon.

La identificación del agente infeccioso

En 1841, cuando una epidemia de carbunco golpeó la cabaña bovina de Beauce, el ministro Cunin-Gridaine encargó el estudio de la enfermedad a Mamert Onésine Delafond (1805-1861). En 1842 Delafond, profesor de la Escuela Veterinaria de Alfort, descubrió corpúsculos en forma de bastoncillos en la

sangre de animales que padecían la enfermedad. Aunque pensó que había encontrado el agente responsable, acabó dudándolo ante la actitud sarcástica de sus colegas. Y sin embargo...

A mediados del siglo XIX hizo estragos una nueva epidemia de carbunco entre el ganado bovino y ovino en los alrededores de Chartres. El consejo general de Eure-et-Loir hizo llamar a Pierre Francis Olive Rayer (1793-1867), médico de Napoleón III, para que encontrara una solución. Acompañado de su alumno Casimir-Joseph Davaine (1812-1882), Rayer se trasladó al lugar y empezó a trabajar. Demostró que el carbunco es inoculable y que en los animales que morían por la enfermedad "los órganos, los tejidos y la sangre son virulentos". Precisó que la enfermedad se declaraba al finalizar el segundo día (tras la inoculación) con una aceleración del pulso y de la respiración; al tercer día aparecía una fiebre muy alta y al cuarto, tras un breve período de inmovilidad total seguido de movimientos convulsivos, el animal moría. Un examen microscópico de su sangre revelaba "pequeños cuerpos filiformes". Les llamó "bacteridias". No encontró el papel que desempeñaban en la enfermedad.

Rayer y Davaine llegaron a la conclusión de que la sangre de bazo del cordero, la fiebre carbuncosa del caballo, la enfermedad de la sangre de la vaca y la pústula maligna del hombre representan en realidad formas ligeramente diferentes de una misma enfermedad.

En 1841, Christian Joseph Fuchs (1801-1871) observó, en la sangre de una vaca moribunda afectada de la enfermedad, un "gran número de elementos filiformes granulosos, inmóviles", pero los consideró "vibriones muertos". Más adelante, Franz Aloès Antoine Pollender (1800-1879), de la Universidad de Bonn, intentó saber por qué su región presentaba una mortalidad animal tan elevada, sobre todo entre la cabaña bovina. Examinó la sangre de cinco animales moribundos y encontró una cantidad copiosa de "corpúsculos en forma de bastoncillos". Pero no pudo identificar su papel: ¿eran la causa de la enfermedad carbuncosa o una consecuencia de la putrefacción?

En 1850, Davaine halló, con Rayer, "corpúsculos filiformes" en la sangre de animales atacados de carbunco. Interrumpió sus investigaciones hasta que, trece años más tarde, las retomó y conoció los trabajos de Pasteur acerca de la fermentación, fenómeno que este último atribuía a los microorganismos. Culpó de la enfermedad a las bacteridias observadas en la sangre de los corderos con carbunco. Rayer prosiguió sus investigaciones; observó que en la sangre de los animales afectados de carbunco abundaban las bacteridias, lo que no acontecía en los individuos sanos. Confirmó asimismo la transmisión de la enfermedad mediante la inoculación a un animal sano de sangre procedente de otro enfermo y demostró incluso que la inyección de una solución muy diluida de una gota de sangre procedente de un animal enfermo provocaba la muerte del cobaya. Rayer probó que varios compuestos químicos podían neutralizar a las bacteridias.

Otro bacilo de Koch

No aparecía, sin embargo, una explicación convincente acerca de la etiología. En 1870 Baillet, un veterinario francés, advirtió que el suelo y las plantas estaban contaminados con las deyecciones de los animales enfermos y por los cadáveres, razón por la cual las bacterias subsistían en los campos y los prados.

Cuando ese mismo año estalló la guerra franco-prusiana, Robert Koch se alistó en el cuerpo médico militar. Dos años más tarde ocupó la plaza de oficial de sanidad de distrito en Wolheim, una población cercana a Rakwitz. Junto a la sala de consulta instaló un pequeño laboratorio con un jergón, incubadora, microscopio, cámara negra para fotografía, tubos de ensayo y algunos accesorios. Hacia 1873, Robert Koch comenzó sus estudios sobre el carbunco, coincidentes con el brote epidémico desatado en el distrito. Examinó sangre de los corderos muertos por carbunco y confirmó las observaciones realizadas diez años antes por Davaine.

Transmitió el carbunco a un ratón mediante la inyección de una pequeña cantidad de sangre de bazo de un animal muerto; pasó luego la enfermedad de éste a otro, después a un tercero y así hasta veinte, siempre con el mismo resultado: la muerte del ratón



3. PARA CONVENCER a la comunidad científica de la eficacia de la vacuna contra la enfermedad del carbunco, Pasteur, en Pouilly-le-Fort, aceptó vacunar, en público, a corderos después de haberles inoculado, como había hecho con otros corderos no vacunados, el bacilo carbuncoso. Dos días después de la inyección, el público pudo comprobar que sólo habían sobrevivido los corderos vacunados.



4. CUANDO SE ESTABLECIO LA EFICACIA DE LA VACUNA, se comenzó a prepararla en grandes cantidades y a dispensarla en ampollas de cristal.

a los pocos días. Koch fue más lejos. Realizó la esporulación de la bacteria a partir de un fragmento de bazo infectado. Depositó el fragmento en suspensión en una gota de suero de buey colocada sobre un porta y examinó la preparación al microscopio a intervalos regulares; observó bastoncillos que, tras engrosarse, se alargaban en filamentos. Al cabo de un tiempo, los filamentos se convertían en gránulos, que crecían y se transformaban en esporas, refractarias a la luz. Estas primeras observaciones de las esporas del bacilo carbuncoso datan del 12 de abril de 1874.

En el curso de sus investigaciones comprobó también que el aumento de la temperatura de incubación (de 30 a 35 ºC) favorecía el crecimiento bacteriano, al igual que una buena oxigenación. Posteriormente preparó pequeñas "cámaras" de cultivo en forma de pocillos tallados en el porta y que contenían el medio de cultivo; se podían cerrar mediante una pequeña placa de vidrio que las protegía de la desecación y la contaminación. Sus diferentes cultivos le permitieron observar, estudiar y describir el ciclo completo del bacilo carbuncoso. Utilizando la clasificación de Ferdinand Cohn propuso el nombre de *Bacillus anthracis*. Describió las esporas, responsables de la persistencia de la bacteria en el suelo.

Las primeras vacunas

La vacuna, o mejor el prototipo de vacuna, de John Burdon-Sanderson (1828-1905) y William Greenfield (1846-1919) fue probablemente la primera. Se ensayó en Londres en 1878. Burdon-Sanderson y su ayudante observaron que la inoculación de sangre de roedores infectados en bóvidos les provocaba la enfermedad, aunque no resultaba letal. Es más, estos últimos animales resistían posteriormente toda nueva inoculación de "sangre carbuncosa". Observación que confirmaría Greenfield, sucesor de Burdon-Sanderson en el Instituto Brown.

Greenfield modificó la técnica para atenuar la virulencia del bacilo carbuncoso: cultivó la bacteria en tubos de cristal sellados que contenían humor vítreo y los dejó incubar a 35 ºC. Después de tres ciclos de incubación, inoculó una pequeña cantidad de esta suspensión en un ternero, que contrajo una forma grave de carbunco, pero se restableció por completo a los diez días. Algunas semanas más tarde, le inoculó al ternero un triturado de bazo de una cobaya muerta de una infección carbuncosa; la enfermedad apareció bajo una forma muy atenuada y el bóvido se restableció a los dos días. Las inoculaciones repetidas de materia patológica no le causaron ningún efecto. Cada etapa de cultivo atenuaba la virulencia del bacilo carbuncoso hasta el punto de que, tras múltiples reinoculaciones, la cepa perdió su virulencia, aunque conservaba su poder de inmunización. En 1880, Greenfield comunicó sus observaciones en tres publicaciones que precedieron en sólo meses a las de Henry Toussaint (1847-1890).

Nombrado a comienzos de 1871 jefe del servicio de anatomía y fisiología de la Escuela Veterinaria de Lyon, Toussaint había presentado ya dos tesis sobre la enfermedad carbuncosa. En 1878, el Ministerio de Agricultura y Comercio le encargó el estudio del carbunco. Abordó el problema de la inmunización mediante la práctica de "inoculaciones preventivas" en los animales y la búsqueda de una vacuna. Inspirado por las observaciones de Davaine, Toussaint ideó varios métodos para obtener la vacuna: extraía sangre de un animal carbuncoso poco antes de su muerte o inmediatamente después, la filtraba y la calentaba a 55 ºC durante diez minutos, o bien añadía antisépticos. Comprobó que la vacuna era eficaz doce días después de la inyección. Los procedimientos, los resultados y las perspectivas de una inmunidad frente al carbunco se depositaron en la Academia de Medicina el 12 de julio de 1880 en forma de una "plica cerrada". El 6 de agosto de 1880, utilizó con éxito los "líquidos inmunizadores" en seis ovejas. Los animales experimentales adquirieron una inmunidad total.

El triunfo (indebido) de Pasteur

Ni a Greenfield ni a Toussaint se les reconoció su mérito. La gloria iba a llevársela Louis Pasteur (1822-1895). En 1854, Pasteur fue nombrado profesor de química y decano de la facultad de ciencias de Lille, ciudad donde comenzó sus estudios sobre la fermentación. Descubrió que las fermentacio-

nes se deben a microorganismos y que el calor los mata. Era el nacimiento de la microbiología. En 1863 fue nombrado profesor de física y química de la Escuela de Bellas Artes de París. Cinco años después abrió un laboratorio de investigación. Junto con Émile Roux, demostró el papel patógeno del estafilococo dorado en la formación del pus de los forúnculos y realizó estudios sobre el "cólera de las gallinas". Fabricó la primera vacuna antirrábica. En 1877, el ministro de Agricultura le solicitó que encontrara un remedio para el carbunco, que diezmaba los rebaños de corderos y de ganado bovino del departamento de Eure-et-Loir.

Hacía ya más de un año que Toussaint había obtenido sus resultados cuando Pasteur publicó, en 1881, su procedimiento para vacunar contra el carbunco. El 2 de abril, por iniciativa de Hippolyte Rossignol, veterinario de Melun y secretario general de la Sociedad de Agricultura de esta población, se mandó una carta a Pasteur en la que se le pedía que hiciera una demostración de la eficacia de su vacuna anticarbuncosa y confirmara los experimentos anteriores, cuyos resultados había expuesto en una sesión pública en la Academia de Ciencias en marzo de 1881. Pasteur aceptó.

Vacunación en público

La organización del proyecto y la publicidad del acontecimiento quedaron en manos de Rossignol, refractario, por otro lado, a las tesis de Pasteur, de cuyo universo microbiano discrepaba. Se prepararon cincuenta corderos: 25 serían vacunados y otros 25, no. El protocolo preveía que al cabo de 12 a 15 días, todos los animales fueran inoculados con una cepa virulenta del bacilo carbuncoso. El 5 de mayo de 1881, ante una gran multitud, se llevaron a cabo las vacunaciones.

El 31 de mayo de 1881, todos los animales, los vacunados y los no vacunados, fueron inoculados con una suspensión de una cepa bacteriana de carbunco muy virulenta. Se citó a los "espectadores" para dos días más tarde. El 2 de junio de 1881 el público pudo comprobar que todo se había desarrollado según lo previsto: sólo habían sobrevivido a la inyección mortal los animales vacunados. El éxito fue absoluto. El veterinario melunés también se convenció.

Pasteur recibió honores oficiales por esta demostración y fue elegido miembro de la Academia Francesa. ¡Sin embargo, la vacuna utilizada en Pouilly-le-Fort no fue preparada por Pasteur, sino por Roux y Chamberland, según el método de Toussaint, es decir, una suspensión de bacterias de virulencia atenuada y desprovista de esporas, obtenida después de un tratamiento con bicromato potásico!

Sabemos hoy que la vacunación es la única profilaxis eficaz frente al carbunco. Se dispone de dos vacunas: una vacuna viva que contiene una cepa atenuada, comparable a las vacunas fabricadas por Toussaint y Pasteur, y una vacuna acelular, desprovista de cuerpos de bacterias y que contiene sólo antígenos bacterianos.

La vacuna viva presenta el riesgo de que la cepa bacteriana, atenuada, se convierta en virulenta. Además, se acompaña a veces de fiebre, edema, extrema debilidad y otros efectos secundarios. Su inmunidad es de corta duración (un año), por lo que en zonas endémicas es necesario revacunar regularmente. La segunda vacuna es la única autorizada para su uso en el hombre. Los ensayos realizados con esta vacuna en animales muestran una menor eficacia que la vacuna viva atenuada.

Carbunco emergente

Pese a los esfuerzos empeñados para evitar su propagación mediante la vacunación preventiva, asistimos a la reaparición anacrónica de la enfermedad. El 10 de agosto de 2000, el Ministerio de Sanidad de Rumania informaba de la muerte de dos personas por carbunco, tras una epidemia que se había propagado en la cabaña bovina. Indicaba, asimismo, que se habían infectado 21 personas y que otras 24 estaban pendientes de la confirmación del diagnóstico. La primera víctima fue un vaquerillo.

Con la carne de la primera vaca afectada se alimentó a algunos cerdos de la granja. Murieron todos. Una semana más tarde, murieron otras cinco vacas. Poco tiempo después, dos granjeros adultos presentaron asimismo signos clínicos evidentes de una afección carbuncosa cutánea; fallecieron tras una meningitis hemorrágica.

Esta epidemia ha sido la más importante de las registradas en Rumania en los últimos veinte años. Se llevó a cabo una extensa campaña de vacunación animal por todo el país y se tomaron medidas draconianas de prevención. Las personas que habían estado en contacto con los animales enfermos recibieron un tratamiento profiláctico.

Primeros ensayos, grandeza de la naturaleza

La utilización de bacterias, o de sus toxinas, y de virus en la fabricación de armas biológicas data del período de entreguerras, a pesar de la convención de Ginebra de 1925. Esta convención, nacida del rechazo y del horror frente a las armas químicas utilizadas durante la Primera Guerra Mundial, prohibía las armas químicas y bacteriológicas. Sin embargo, la Unión Soviética y los Estados Unidos habían formulado reservas y se atribuían el derecho de utilizarlas en caso de agresión.

Las investigaciones en el terreno de la guerra biológica comenzaron en 1929, cuando la Unión Soviética inició su programa de bacterias militarizables, entre las que se encontraban *Yersinia pestis* (el agente de la peste), *Vibrio cholerae* (el responsable del cólera), *Salmonella typhi* (el agente de la fiebre tifoidea) y *Bacillus anthracis*. En 1934, Japón siguió el ejemplo de la URSS; Inglaterra se apuntó en 1939. Durante el invierno de 1942, científicos del Ministerio de Defensa británico realizaron numerosos viajes a Gruinard, una isla deshabitada de un kilóme-

tro de ancho por tres de largo, en el archipiélago de las Hébridas. Hicieron explotar seis bombas pequeñas que contenían millares de esporas de *Bacillus anthracis*; los experimentos preliminares mostraron que estas esporas resistían la explosión de una bomba clásica y formaban a continuación un aerosol estable. Estas pequeñas bombas se instalaron en una torre al pie de la cual pastaban los corderos, atados cada uno de ellos a una estaca y dispuestos en círculos concéntricos. Otros proyectiles explotaron cerca de la torre.

Unos días después de haber sido expuestos a las esporas de *Bacillus anthracis*, los corderos de Gruinard murieron. Los animales fallecidos liberaron en el suelo una cantidad impresionante de bacterias y de esporas. El suelo permaneció contaminado durante más de cuarenta años: los terrones de muestra extraídos cada año evidenciaban la presencia de esporas viables de *Bacillus anthracis*. Una investigación realizada en 1979 mostraba que las zonas situadas alrededor de la torre central de dispersión aún estaban infectadas y que una gran parte de la isla permanecía contaminada por esporas. En los años ochenta, la isla fue descontaminada. La utilización de cuatro líquidos bactericidas diferentes mostró la gran eficacia del formol, que desnaturaliza las proteínas y penetra en las esporas.

Tras cortar y quemar la vegetación y después de recoger los herbicidas, se regó el suelo con una solución de formol diluido en agua de mar. Los controles bacteriológicos efectuados a continuación demostraron que la mayoría de las esporas estaban inactivas; los lugares en los que se detectaron esporas aún viables se trataron de nuevo hasta que desaparecieron. La descontaminación final necesitó seis semanas de trabajo, 280 toneladas de formol y dos millones de litros de agua de mar. Ocho meses después de la descontaminación, la vegetación apareció de nuevo y se introdujo en la isla un rebaño de cuarenta corderos. Al cabo de cinco meses se mantenían sanos; *Bacillus anthracis* había desaparecido.

Las armas biológicas

Japón se ha distinguido en la puesta a punto de armas biológicas. En 1935 se creó la unidad 731 en Manchuria; la dirigía el general y bacteriólogo Shiro Ishii, quien realizó experimentos bacteriológicos con prisioneros rusos, chinos, estadounidenses, australianos y británicos. Se masacraron más de tres mil cobayas humanos, sometidos a vivisección, congelados hasta morir, infectados mediante diferentes métodos, sobre todo con aerosoles de agentes patógenos entre los cuales figuraba *Bacillus anthracis*. Unos diez mil chinos murieron de carbunco debido a las pruebas realizadas por los japoneses con *Bacillus anthracis* durante los ataques a China y Manchuria.

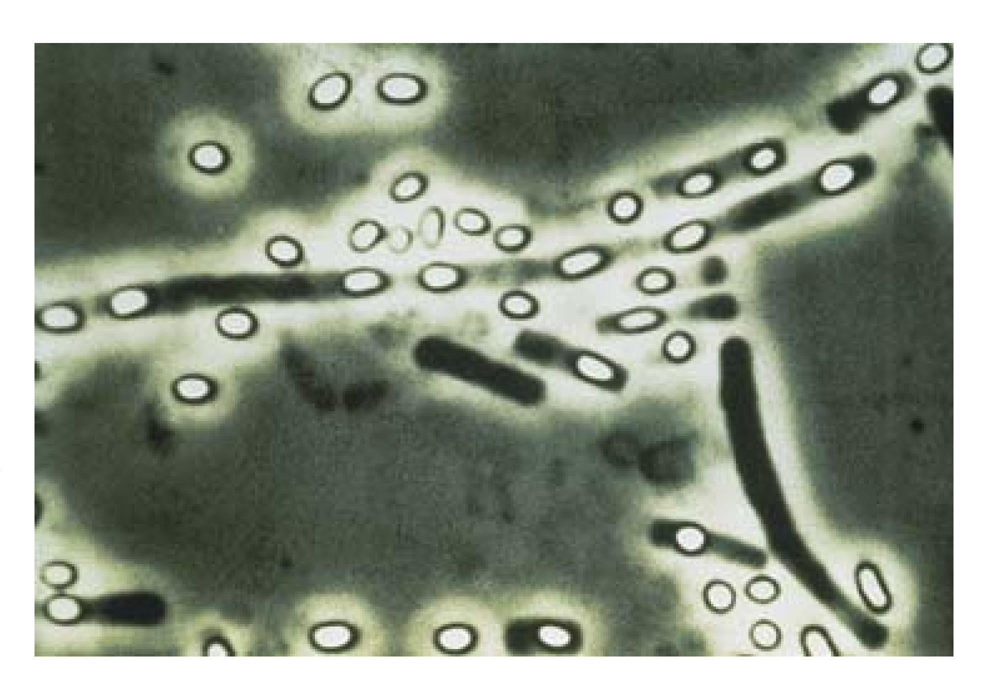
En el transcurso de la Segunda Guerra Mundial, laboratorios estadounidenses, británicos y canadienses produjeron armas biológicas y sobre todo “bombas con bacilos carbuncosos”, programa que recibió el nombre cifrado “N”. En 1944, miles de bombas con bacilo carbuncoso estaban dispuestas para lanzarse contra la Alemania nazi. ¿No se utilizaron porque la Alemania hitleriana no disponía de armas biológicas? ¿Fue por la persistencia de la contaminación en los terrenos bombardeados? Es posible. Hacia el final de la guerra, se realizaron investigaciones relacionadas con armas biológicas en los alrededores de Poznan, en Polonia; el bacilo del carbunco ocupaba en ellas un lugar privilegiado. La guerra terminó antes de que se consiguieran resultados tangibles.

Entre todas las bacterias militarizables, el *Bacillus anthracis* ocupa una posición destacada. En ausencia de inmunidad en la población general, este germen puede llevar a la muerte y presenta además algunas “ventajas”: un umbral infeccioso débil; una virulencia muy intensa que conduce a una enfermedad aguda mortal o al menos incapacitante; un período de incubación corto; un poder patógeno estable durante su fabricación, su almacenamiento y su transporte; una contagiosidad débil; una posible resistencia a los antibióticos habituales; la posibilidad de utilizarse en forma de aerosoles estables y persistentes durante mucho tiempo; capacidad de resistir a la desecación, a las variaciones de temperatura o incluso a la luz cuando se dispersa por el entorno, conservando su viabilidad y su virulencia; por último, unos costes bajos de producción.

La bacteria se cultiva con facilidad al aire libre, en medios simples y de bajo coste. Tiene un gran poder patógeno: un gramo de esporas puede matar a diez millones de personas. Su virulencia es asimismo notable, aunque la enfermedad es poco contagiosa (una ventaja para quienes la manipulan). Aunque la utilización de armas ofensivas bacteriológicas como el *Bacillus anthracis* es poco probable porque son difíciles de controlar, la bomba del bacilo carbuncoso es la “bomba atómica del pobre”. Además, estas armas se detectan con dificultad. El descubrimiento de un vasto arsenal iraquí durante la Guerra del Golfo permitió vislumbrar sus peligros potenciales.

La convención de 1972 sobre armas biológicas y sus toxinas, firmada por 130 países, prohibía el desarrollo, producción, almacenamiento y transporte de agentes biológicos con fines militares. Sin embargo, algunos estados firmantes, como China, Corea del Norte, India, Irán, Libia y Siria, y otros que no habían firmado (Egipto, Israel, Taiwan y algunos otros) continúan sus investigaciones. En 1969, el presidente de los Estados Unidos Richard Nixon consideró poco importante el valor estratégico de las armas biológicas, por lo que los americanos renunciaron a este tipo de armamento, se destruyeron las almacenadas y se cancelaron los encargos para fabricarlas.

Los Estados Unidos, que habían destruido sus reservas en 1969 al concederles poco valor estratégico, retomaron las investigaciones sobre el bacilo carbuncoso cuando se produjo la epidemia de Sverdlovsk, en la Unión Soviética. Durante los meses de abril y mayo de 1979, se declaró una brote fatal en esa ciudad universitaria de 1.200.000 habitantes, si-



5. FILAMENTOS de *Bacillus anthracis* liberando esporas (alrededor de 2500 aumentos).

tuada en los Urales. Las autoridades soviéticas atribuyeron la epidemia al consumo de productos de alimentación contaminados. Pero a escasos kilómetros del lugar había un centro militar de investigación secreto sobre armas bacteriológicas.

Gracias a la clarividencia de una patóloga, Faina Abramova, jefa del servicio de anatomía patológica del Hospital de Sverdlovsk, se llegó pronto a la verdad. Tras seguir los 42 primeros casos declarados desde la primavera de 1972 y haber practicado las primeras autopsias que mostraban hemorragia meníngea, comprendió que semejante cuadro clínico parecía corresponder a un ataque de carbunco. Los cultivos bacteriológicos le permitieron identificar al *Bacillus anthracis*. Las autopsias revelaron que todas estas personas habían muerto de un ataque de carbunco pulmonar por inhalación de esporas. Los datos epidemiológicos demostraron que la mayor parte de las víctimas trabajaban o vivían en una zona próxima al laboratorio militar. Las altas instancias sanitarias soviéticas confiscaron todos los informes.

Sin embargo, se escondieron y conservaron las preparaciones microscópicas, una colección anatomopatológica de lesiones significativas y las notas personales de los patólogos. En 1992, bajo el gobierno de Boris Yeltsin, se reconocieron los hechos y se estableció una conexión entre este desastre y las investigaciones militares en materia de armas biológicas.

Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud, 50 kilogramos de *Bacillus anthracis* lanzados con viento favorable sobre una población de 500.000 habitantes, causarían la muerte de 95.000 personas, mientras que otras 125.000 serían "neutralizadas".

Las armas biológicas de Irak

A finales de 1970 comenzaron en Irak experimentos para poner a punto armas biológicas. Sus científicos estudiaron cinco cepas bacterianas, una micótica, cinco virus y cuatro toxinas. Dos especies bacterianas no patógenas, *Bacillus subtilis* y *Bacillus thuringiensis*, se utilizaron como cepas de simulación para la puesta a punto sin riesgos de operaciones realizadas posteriormente con material patógeno.

Se retuvieron dos bacterias patógenas: *Bacillus anthracis* y *Clostridium perfringens*, una bacteria responsable de la gangrena gaseosa. Las cepas bacterianas de carbunco se adquirieron en los Estados Unidos y en Francia. Dos cepas iraquíes completaron el muestrario carbuncoso del laboratorio de Al Hakam.

Con la perspectiva de una guerra biológica, los laboratorios iraquíes produjeron, entre 1985 y 1991, ocho mil litros de una suspensión de esporas del bacilo carbuncoso (a una concentración de mil millones de esporas por mililitro); seis mil litros se colocaron en bombas R400 que contenían cada una 85 litros de suspensión, de toxina botulítica y de aflatoxina, una toxina elaborada por un hongo microscópico, tóxico para los riñones y el hígado.

El ejército iraquí desplegó en 1991, durante la Guerra del Golfo, doscientas bombas R400, de las cuales cincuenta se habían cargado con *Bacillus anthracis*, y 25 misiles balísticos SCUD de un alcance de 300 kilómetros, cargados con agentes biológicos. Según Raymond Zilinskas, de la Universidad de Maryland, este arsenal biológico no pudo ser utilizado y, si lo hubiera sido, no habría tenido los efectos anticipados porque la cantidad de bombas y misiles disponibles era escasa y los mecanismos de dispersión de las cargas infectantes, ineficaces. Tras el alto el fuego en abril de 1991 y a pesar de la derrota de los iraquíes, su armamento biológico no parece que fuera destruido. Aunque el programa iraquí de producción de armas biológicas haya sido desmantelado, una parte de sus reservas se ha camuflado sin duda.

Bioterrorismo y bacilo carbuncoso

Desde hace un decenio se asiste a escaramuzas de armas químicas y biológicas. En 1990, la secta Aum dispersó toxina botulínica cerca del parlamento japonés y, meses más tarde, bacilo carbuncoso desde lo alto de un inmueble de Tokio. No hubo víctimas.

En 1995 la misma utilizó gas sarín, produciendo doce víctimas e intoxicando a cinco mil personas.

Según la Organización Mundial de la Salud, las armas biológicas persiguen introducir microorganismos, generalmente expandidos en forma de aerosoles y que provocan enfermedades infecciosas graves. Con este objetivo se han empleado sobre todo bacterias y virus. Entre los agentes biológicos apresados se encuentran, sobre todo, el *Bacillus anthracis*, el bacilo de la peste, el bacilo de la fiebre tifoidea, la bacteria responsable de la fiebre de Malta o brucelosis y también el agente del cólera, enfermedad desaparecida de los países industrializados. Entre los virus "bioterroristas" destacan: el virus de la fiebre coreana (Hantaan), los virus de las fiebres hemorrágicas africanas (los virus Ebola y de Marburgo) o el de Crimea (no resisten temperaturas inferiores a los 34 ºC), el virus de la fiebre del valle del Rift, el del dengue, el de la encefalitis japonesa y también el de la gripe. No figuran en esta lista: el virus de la viruela (desde su erradicación en 1980, sólo dos institutos están autorizados para conservar este virus, el de Atlanta, en los Estados Unidos, y el de Novosibirsk, en Rusia, por lo que no se puede adquirir), los priones, los ácidos nucleicos infecciosos y las toxinas (la botulínica y la enterotoxina B estafilocócica), muy difíciles de manipular y que conllevan grandes riesgos de contaminación.

La adquisición de estas armas biológicas no comporta problemas insuperables para los bioterroristas con dinero. Pueden comprarlas en los países que las producen de forma clandestina: Bulgaria, China, Corea del Norte, Cuba, Egipto, India, Irán, Israel, Laos, Libia, Siria, Taiwan y Vietnam.

Entre todos estos agentes infecciosos, el bacilo del carbunco es el prototipo de agente bacteriológico militarizable: es suficiente un pequeño laboratorio, casi rudimentario, para fabricar sin muchos medios y en poco tiempo grandes cantidades de bacterias y de esporas. Por último, la bacteria tiene un gran poder patógeno y sus esporas se conservan bien en cualquier entorno; pueden deslizarse en el interior de diversos objetos y comportan una mortalidad nada desdeñable en las personas contaminadas. La inquietud puede dar paso a la psicosis.

El *Bacillus anthracis*, como el resto de los agentes del bioterrorismo, es un arma perniciosa, invisible, indetectable (al principio) e imperceptible. Ante tales armas, la población civil y militar es impotente. Cuando se ha conseguido identificar el agente implicado, es las más de las veces demasiado tarde para llevar a cabo un tratamiento terapéutico apropiado en los afectados.

Estos ataques también movilizan la producción: se almacenan vacunas y antibióticos, se fabrican máscaras de gas, vestimentas especiales y diferentes medios de protección. Esta gama de medidas protectoras frente a las armas biológicas debe reajustarse y modificarse sin cesar; los conocimientos y métodos sobre genética y biología molecular evolucionan y las armas biológicas se aprovechan de estos progresos. En el Instituto de Obolensk, en la región de Moscú, los investigadores rusos han fabricado mediante ingeniería genética una cepa de bacilo carbuncoso resistente a los antibióticos y a la vacuna carbuncosa.

Bibliografía complementaria

BACILLUS ANTHRACIS ET GUERRE BIOLOGIQUE. F. Ramisse et al. en *Bull. Soc. Fr. Microbiol.*, vol. 13, págs. 145-151, 1998.

ANTHRAX. THE INVESTIGATION OF A DEADLY OUTBREAK. J. Guillemin. University of California Press, Berkeley, 1999.

HISTOIRE DES BACTÉRIES ET DES HOMMES. Willy Hansen y Jean Freney. Éditions Privat (de próxima aparición).

Edición española de SCIENTIFIC AMERICAN

SECCIONES